

茶の有機栽培は生態系サービス “ 雑草種子捕食 ” を強化する

静岡大学大学院農学領域
市原 実

はじめに

農地生態系は、天敵生物による害虫制御など多様な生態系サービスを提供することで、持続的な農業生産を支えている。このような農地の生態系サービスの一つに、種子食動物による“ 雑草種子捕食 ” がある。種子捕食は雑草種子の主要な死滅要因の一つであり、種子捕食の強度によっては雑草個体群を抑制しうる (Ichihara et al. 2012; Daouti et al. 2022)。フランスの穀物圃場では、種子捕食によって雑草による作物収量の損失が 20% 減少し、その経済的利益は年間 285 ユーロ / ha と推定されている (Muneret et al. 2026)。

このような雑草種子捕食に関する研究は、主に欧米の穀物圃場を対象に行われてきた (Heggenstaller et al. 2006; Daouti et al. 2022; Muneret et al. 2026) が、アジア地域では比較的少なく (Ichihara et al. 2011, 2021)、茶園を対象とした研究はない。日本を含むアジア地域の茶生産量は世界全体の 85% を占めており (Chang 2015)、茶園における雑草種子捕食サービスの実態を定量的に把握することは、本地域における持続的な茶生産にとって不可欠である。

日本では「みどりの食料システム戦略」が 2021 年に策定され、近年では茶生産を含め有機農業が推進されている (農林水産省 2021)。しかし、有機茶園では化学合成除草剤が使用できな

いため、刈払機や手取りによる除草が一般的であり、雑草防除に多大な労力を要することが課題となっている (市原ら 2022a)。今後、効率的かつ持続的な雑草防除を実現するためには、雑草生態に基づいた総合的雑草管理戦略の構築が必要である。特に、種子捕食などの雑草個体群を減少させるプロセスや、それらに影響を及ぼす要因について、理解を深めることが重要である。

Muneret et al. (2018) は、欧米を中心とした種子捕食研究に基づくメタ解析により、有機農法は慣行農法と比べて、種子捕食による生物的雑草防除レベルを総じて高めることを示した。例えば、ニュージーランドの野菜類、穀物類および牧草を栽培する圃場では、慣行圃場よりも有機圃場において雑草種子捕食率が高い (Navntoft et al. 2009)。しかし、有機圃場が必ずしも慣行圃場より高い種子捕食率を示すとは限らないことも指摘されている (Diekötter et al. 2010)。茶園において、農法の違いが雑草種子捕食に及ぼす影響については、依然として不明である。

農地には、雑草種子を捕食する多様な無脊椎動物が生息しており、コオロギ類、ゴミムシ類、ダンゴムシ類などが主要な種子捕食者として知られている。コオロギ類は日本の水田および畑地における主要な種子捕食者であり、雑草シードバンクの低減に寄与しうる (Ichihara et al. 2011, 2014)。種子食ゴミムシ類も、日本の水田や畑地などに広く生息している (Yamazaki et al.

2003; Ichihara et al. 2011; 豊島ら 2011; Kagawa and Maeto 2014)。ダンゴムシ類も雑草種子を捕食し、雑草個体数の減少に貢献しうる (Saska 2008; 高倉 2016)。しかし、茶園において、これらの無脊椎動物が雑草種子捕食にどの程度寄与しているのかは明らかにされていない。

そこで著者らは、日本の主要茶産地である静岡県内の有機茶園と慣行茶園を対象に、無脊椎動物による雑草種子捕食率と、主要な種子捕食者であるコオロギ類、種子食ゴミムシ類およびダンゴムシ類の活動密度の推移を調査したので、その研究成果 (Ichihara et al. 2026) を解説する。なお、本研究は静岡県の新成長戦略研究「世界市場に向けた新時代の『静岡茶アクティブ有機栽培技術』の開発」において実施された。

1. 調査地の概要

静岡県牧之原市と島田市における有機茶園と慣行茶園 (図 -1) において、2020 年から 2021 年にかけて調査を行った。慣行茶園では、害虫防除のために化学合成殺虫剤が使用されており (年 6 ~ 9 回、計 6 ~ 15 剤)、有機茶園では使用されなかった。2021 年の牧之原市の慣行茶園では、除草剤による雑草防除が行われた (年 5 回、計 3 剤) が、それ以外は手取りまたは刈払機による除草が行われた。

2020 年 7 ~ 9 月の間、牧之原市の有機茶園のうね間における雑草植被率

(a) 有機茶園



(b) 慣行茶園



図-1 本調査を実施した (a) 有機茶園と (b) 慣行茶園（静岡県島田市）

は21.6～72.5%であり、ヒナタイノコヅチ (*Achyranthes bidentata* var. *fauriei*) が優占していた。これに対し、同市の慣行茶園うね間の雑草植被率は0～1.2%と低く、ダンドボロギク (*Erechtites hieracifolius*) やベニバナボロギク (*Crassocephalum crepidioides*) などの雑草が散在していた。同期間における島田市の有機茶園うね間の雑草植被率は0～0.6%で、コチヂミザサ (*Oplismenus undulatifolius* var. *undulatifolius* f. *japonicus*) などの雑草が散発的に見られた。一方、同市の慣行茶園うね間の雑草植被率は0～4.8%で、ヒナタイノコヅチやダンドボロギクなどの雑草が散在していた。2021年8月において、牧之原市の有機茶園うね間の雑草植被率は77.5%であり、メヒシバ (*Digitaria ciliaris*) が優占していた。一方、その他の調査茶園では雑草がほとんど確認されなかった。

2. 茶園における雑草種子捕食強度

2020年と2021年の6～10月に、各茶園における雑草種子捕食率の推移を調査した。2020年はネズミムギ (*Lolium multiflorum*)、2021年はネズミムギ、メヒシバ、オヒシバ (*Eleusine indica*)、コセンダングサ (*Bidens pilosa* var. *pilosa*) およびダンドボロギク

の種子捕食率を調査した。これらは本調査地域の茶園に一般的に生育している草種である（市原ら2020; 2022a,b）。種子捕食率の推定には、種子カード（雑草種子を糊付けした布やすり、Westerman et al. 2003）を用いた。コセンダングサの種子はカード1枚あたり20粒、その他草種の種子は50粒を糊付けした。種子カードの周囲は金網（開口部面積：2.6 cm²）で囲み、鳥類とげっ歯類による影響を除外した。種子カードは2週間ごとに交換し、回収時に残存していた種子数から、2週間あたりの種子捕食率を算出した。

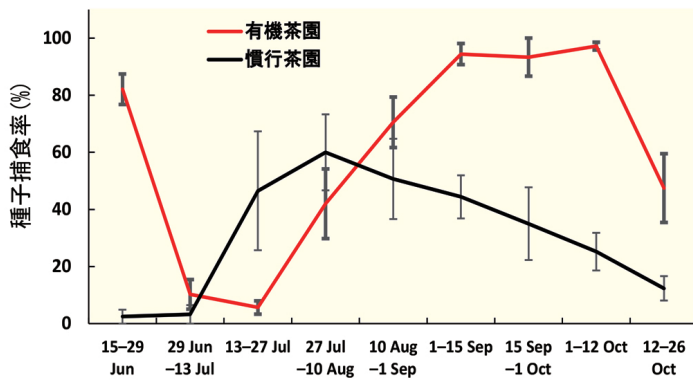
本研究より、茶園における無脊椎動物による雑草種子捕食強度が明らかとなった。2週間あたりの平均種子捕食率は、有機茶園では42.8～80.5%、慣行茶園では21.7～59.6%であり、いずれの茶園においても、各草種の種子の多くが捕食された（図-2、2021年の島田市の結果のみ抜粋）。これまでに、生物多様性の高い伝統的棚田では、近代的な大規模農地よりも雑草種子捕食強度が高いことが報告されている（Ichihara et al. 2021）。茶園における種子捕食強度はその棚田と同等、あるいはそれ以上であった。これらのことから、有機茶園と慣行茶園のいずれにおいても、雑草種子捕食サービスが高い水準で維持されていると考えられた。

3. 茶園における雑草種子捕食者

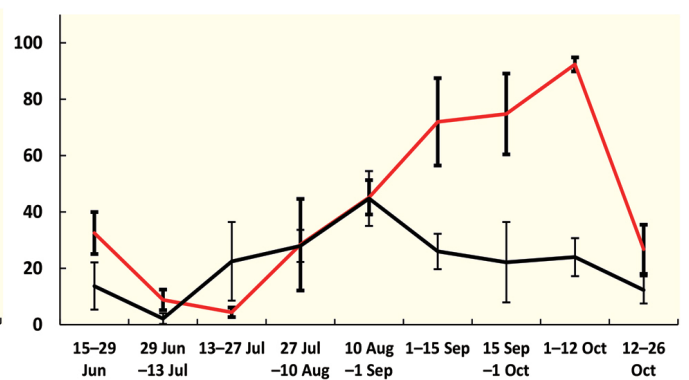
コオロギ類、種子食ゴミムシ類およびダンゴムシ類の活動密度の推移を、粘着トラップを用いて調査した。各茶園の茶樹下に、粘着トラップを設置し、2週間ごとに交換した。捕獲されたコオロギ類、種子食ゴミムシ類（特に種子を捕食することが確認されている *Amara*, *Anisodactylus*, *Harpalus* 属に含まれる種）およびダンゴムシ類の個体数を調査した。さらに、種子捕食者を特定するために、各草種の種子カードを1箇所追加して設置し、その上部に自動撮影カメラを設置した。

茶園では、コオロギ類とダンゴムシ類が主要な種子捕食者であった（図-3、2021年の島田市の結果のみ抜粋）。特にコオロギ類は7月頃から出現し始め（図-3）、これに伴い種子捕食率も7月以降に高まる傾向が認められた（図-2）。カメラ画像でも、7月以降にコオロギ類による種子捕食が頻繁に観察された（図-4）。これまで、アメリカの穀物圃場（Heggenstaller et al. 2006; O'Rourke et al. 2006）や日本の水田（Ichihara et al. 2014）では、コオロギ類が主な種子捕食者であることが報告されている。本研究より、茶園においても、コオロギ類は夏期の

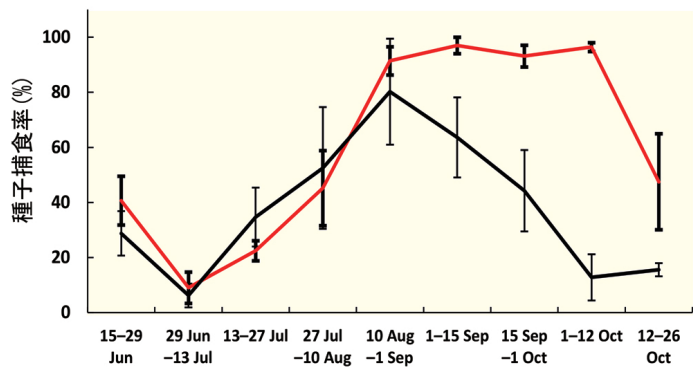
(a) ネズミムギ



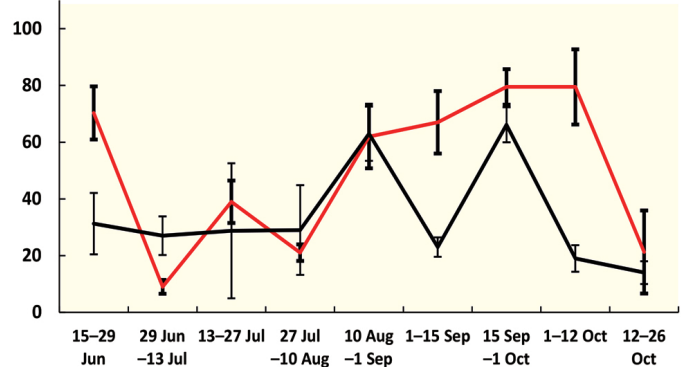
(b) メヒシバ



(c) オヒシバ



(d) コセンダングサ



(e) ダンドボロギク

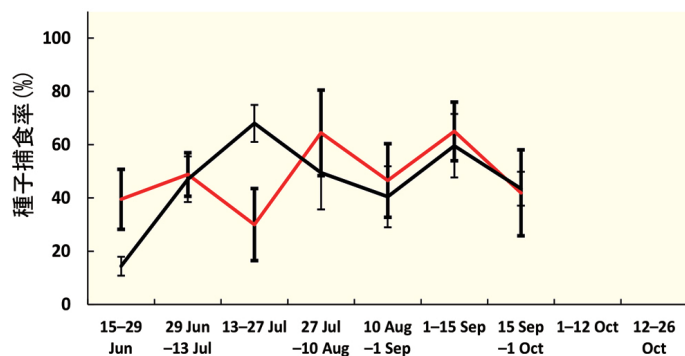


図-2 2021年の島田市内の有機茶園と慣行茶園における(a)ネズミムギ、(b)メヒシバ、(c)オヒシバ、(d)コセンダングサ、(e)ダンドボロギクの種子捕食率の推移 (Ichihara et al. 2026 を一部改変)
※垂線は標準誤差を示す。

雑草シードバンクの低減に重要な役割を果たしていると考えられた。

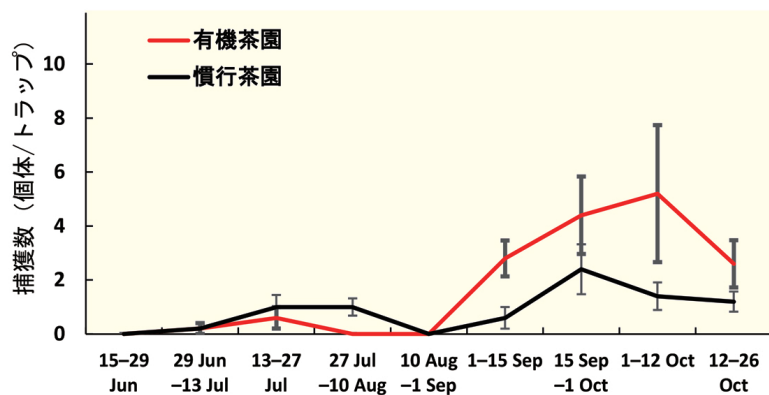
一方、6月はコオロギ類の活動密度がまだ低く、この時期はダンゴムシ類とゴミムシ類が種子を捕食していると考えられた(図-3)。農地でのダンゴムシ類の種子捕食に関する知見は少ないが、アメリカのダイズ圃場ではダンゴムシ類の消化管内容物

の分析により、これらがエノコログサ (*Setaria viridis*) の種子を捕食することが確認されている (Lundgren and Anderson 2023)。本研究においても、カメラ画像によりダンゴムシ類が種子を捕食の様子が確認され、日本の茶園においてもダンゴムシ類が種子捕食者であることが実証された。

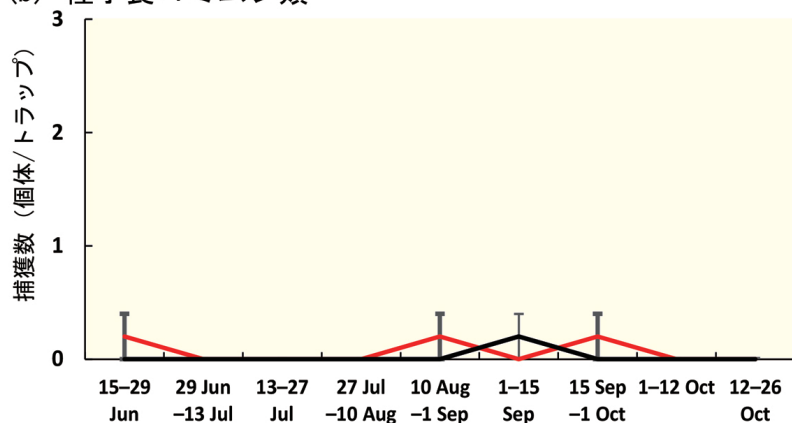
コオロギ類は植物残渣に覆われた環

境下で活動密度が高まる傾向があり (稲垣ら 2012; Law and Gallagher 2018)、ダンゴムシ類はリターを摂食する分解者である (Souty-Grosset and Faberi 2018)。茶園の土壌表面には、剪定作業によって生じた茶葉や枝が堆積しており、このような環境はコオロギ類やダンゴムシ類にとって適した生息場所と考えられる。特

(a) コオロギ類



(b) 種子食ゴミムシ類



(c) ダングムシ類

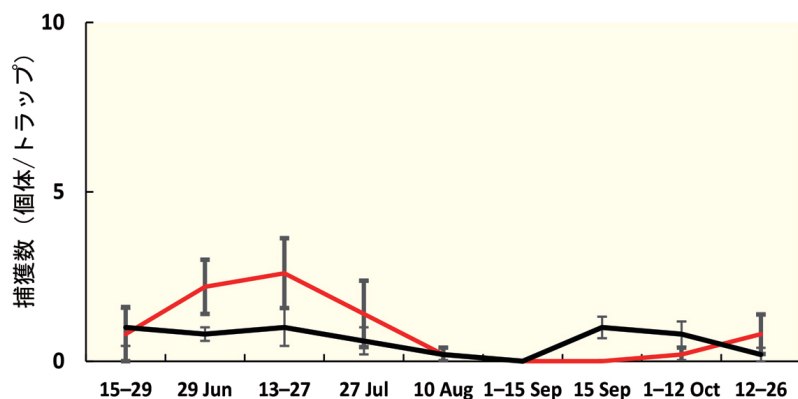


図-3 2021年の島田市内の有機茶園と慣行茶園における (a) コオロギ類, (b) 種子食ゴミムシ類 (*Amara*, *Anisodactylus*, *Harpalus* 属), (c) ダングムシ類の活動密度の推移 (Ichihara et al. 2026 を一部改変)
※垂線は標準誤差を示す。

にコオロギ類は茶園における最も重要な無脊椎動物の種子捕食者であり、計8種のコオロギ科昆虫が確認された。これらのうち、エンマコオロギ (*Teleogryllus emma*)、ツツレサセコオロギ (*Velarifictorus micado*) およびオカメコオロギ属 (*Loxoblemmus*) の種は、

水田でもしばしば確認され、雑草種子の低減に寄与している (Ichihara et al. 2014; 2015)。したがって、コオロギ類は茶園および水田の双方において、種子捕食サービスの重要な提供者と考えられる。



図-4 種子カード上の雑草種子を捕食するコオロギ

4. 農法による雑草種子捕食への影響

有機茶園では慣行茶園と比較して、無脊椎動物による種子捕食率と、コオロギ類およびダングムシ類の活動密度が総じて高かった (図-2, 3)。慣行茶園では、化学合成殺虫剤が頻繁に使用されており (年間6～9回、合計6～15剤)、これが種子捕食者の密度や種子捕食強度を低下させた可能性がある。Muneret et al. (2018) は、主に欧米の農地を対象としたメタ解析により、種子捕食による生物学的雑草防除レベルが慣行栽培よりも有機栽培で高いことを示しており、日本の茶園を対象とした本研究の結果と一致した。

茶園における雑草植生も、種子捕食者の密度と種子捕食率に影響を及ぼした可能性がある。コオロギ類は、植生に密に覆われた場所を好んで生息すると考えられる。Davis and Liebman (2003) は、コムギとムラサキツメクサ (*Trifolium pratense*) の混作区では、コムギ単作区と比べて、コオロギ科 *Gryllus pennsylvanicus* の活動密度とアキノエノコログサ (*Setaria faberi*) の種子捕食率が高かったことを報告している。夏期の牧之原市の有機茶園では、雑草

の植被率 (21.6 ~ 77.5%) が慣行茶園 (0 ~ 1.2%) よりも高く、こうした高い植被率が種子捕食率を高めた一因かもしれない。一方、島田市の茶園では、有機茶園と慣行茶園の間で植被率 (0 ~ 4.8%) にほとんど差がなく、これらの茶園間における種子捕食率の違いは、殺虫剤使用の有無など植生以外の要因によるものと考えられた。

5. まとめと今後の展望

本研究により、コオロギ類などの無脊椎動物による種子捕食が、茶園の雑草シードバンクに影響を及ぼす重要な生態学的プロセスであることが明らかとなった。さらに、種子捕食の強度は慣行茶園よりも有機茶園のほうが総じて高く、茶の有機栽培は種子捕食による生物的雑草防除レベルを高めうると考えられた。今後は、有機茶園と慣行茶園における種子捕食強度の違いが、雑草の個体群動態や、茶の収量・品質に及ぼす影響を評価する必要がある。

近年、日本の茶生産では有機栽培が推進されており、将来的に有機茶園のさらなる増加が見込まれている (農林水産省 2021)。フランスのブドウ園を対象とした研究では、ランドスケープにおける有機圃場の割合が高いほど、雑草種子捕食が強化されることが報告されている (Muneret et al. 2019)。今後、茶の生産地域において有機茶園の割合が高まれば、茶園における種子捕食サービスが地域レベルでさらに強化されるかもしれない。今後

は個々の茶園の農法だけでなく、圃場周辺環境やランドスケープ構造といった広域的な環境要因が、茶園における雑草種子捕食に及ぼす影響を評価する必要もあるだろう。

引用文献

- Chang, K. 2015. World tea production and trade, Current and future development. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Daouti, E. et al. 2022. Seed predation is key to preventing population growth of the weed *Alopecurus myosuroides*. Journal of Applied Ecology 59, 471-482.
- Davis, A.S., and Liebman, M. 2003. Cropping system effects on giant foxtail (*Setaria faberi*) demography: I. green manure and tillage timing. Weed Science 51, 919-929.
- Diekötter, T. et al. 2010. Landscape and management effects on structure and function of soil arthropod communities in winter wheat. Agriculture, Ecosystems and Environment 137, 108-112.
- Heggenstaller, A.H. et al. 2006. Seasonal patterns in post-dispersal seed predation of *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi* in three cropping systems. Journal of Applied Ecology 43, 999-1010.
- Ichihara, M. et al. 2011. Quantifying the ecosystem service of non-native weed seed predation provided by invertebrates and vertebrates in upland wheat fields converted from paddy fields. Agriculture, Ecosystems and Environment 140, 191-198.
- Ichihara, M. et al. 2012. Postdispersal seed predation by *Teleogryllus emma* (Orthoptera: Gryllidae) reduces the seedling emergence of a non-

native grass weed, Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). Weed Biology and Management 12, 131-135.

Ichihara, M. et al. 2014. Postdispersal weed seed predation by crickets in a rice paddy field after irrigation water recedes. Japan Agricultural Research Quarterly 48, 63-69.

Ichihara, M. et al. 2015. Creation of paddy levees to enhance the ecosystem service of weed seed predation by crickets. Landscape and Ecological Engineering 11, 227-233.

市原実ら 2020. 静岡県内における茶園周縁部の植生および茶摘採面上の蔓性雑草の発生実態. 雑草研究 65, 114-117.

Ichihara, M. et al. 2021. Quantifying the ecosystem service of non-native weed seed predation in traditional terraced paddy fields. Weed Biology and Management 21, 192-201.

市原実ら 2022a. 静岡県内の有機栽培および慣行栽培茶園における雑草植生. 雑草研究 67, 25-30.

市原実ら 2022b. 静岡県内の茶園周縁部における春期の雑草植生. 雑草研究 67, 21-24.

Ichihara, M. et al. 2026. Organic farming can promote weed seed predation by invertebrates in tea fields. Weed Biology and Management 26, e70017.

稲垣榮洋ら 2012. 水田畦畔の植生管理の違いが斑点米カメムシおよび土着天敵の個体数に及ぼす影響. 日本緑化工学会誌 38, 240-243.

Kagawa, Y. and Maeto, K. 2014. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages associated with a satoyama landscape in Japan: the effects of soil moisture, weed height, and distance from woodlands. Applied Entomology and Zoology 49, 429-436.

- Law, J.J. and Gallagher, R.S. 2018. Seed distribution and invertebrate seed predation in no-till and minimum-till maize systems. *Agronomy Journal* 110, 2488–2495.
- Lundgren, J.G. and Anderson, R.L. 2023. Suppression of weed communities by agroecosystem. *Ecosphere* 14, e4641.
- Muneret, L. et al. 2018. Evidence that organic farming promotes pest control. *Nature Sustainability* 1, 361–368.
- Muneret, L. et al. 2019. Organic farming at local and landscape scales fosters biological pest control in vineyards. *Ecological Applications* 29, e01818.
- Muneret, L. et al. 2026. Weed control provided by seed predators saves 20% crop yield in cereal fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 400, 110196.
- Navntoft, S. et al. 2009. Weed seed predation in organic and conventional fields. *Biological Control* 49, 11–16.
- 農林水産省 2021. みどりの食料システム戦略. <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/>
- O'Rourke, M.E. et al. 2006. Post-dispersal weed seed predation by invertebrates in conventional and low-external-input crop rotation systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116, 280–288.
- Saska, P. 2008. Granivory in terrestrial isopods. *Ecological Entomology* 33, 742–747.
- Souty-Grosset, C. and Faberi, A. 2018. Effect of agricultural practices on terrestrial isopods: a review. *ZooKeys* 801, 63–96.
- 高倉耕一 2016. 雑草防除用生物資材としてのオカダンゴムシ *Armadillidium vulgare* の有効性. *日本環境動物昆虫学会誌* 27, 81-87.
- 豊島真吾ら 2011. 茶園におけるゴミムシ群集の多様性評価. *茶業研究報告* 112, 9-18.
- Westerman, P.R. et al. 2003. Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields. *Journal of Applied Ecology* 40, 824–836.
- Yamazaki, K. et al. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and other insect predators overwintering in arable and fallow fields in central Japan. *Applied Entomology and Zoology* 38, 449–459.